

**PENGARUH RASIO MOLAR MINYAK METANOL TERHADAP KONVERSI
BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN MODIFIKASI
PREPARASI KATALIS CaO KULIT TELUR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik
Kimia Fakultas Teknik**

Oleh:

FAKIHATIN KATSIROH

D 500 130 076

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2017

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH RASIO MOLAR MINYAK METANOL TERHADAP KONVERSI
BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN MODIFIKASI
PREPARASI KATALIS CaO KULIT TELUR**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

FAKIHATIN KATSIROH

D 500 130 076

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Kusmiyati, ST, MT, PhD

NIK.683

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH RASIO MOLAR MINYAK METANOL TERHADAP KONVERSI
BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN MODIFIKASI
PREPARASI KATALIS CaO KULIT TELUR**

OLEH




FAKIHATIN KATSIROH

D.500.130.076

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 21 Januari 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Kusmiyati, S.T., M.T., Ph.D.
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Eni Budiyati, S.T., M.Eng.
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. M. Mujiburohman, S.T., M.T., Ph.D.
(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....) 
(.....) 
(.....) 

Dekan,



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam karya ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 21 Januari 2017

Penulis



FAKIHATIN KATSIROH

D 500 130 076

PENGARUH RASIO MOLAR MINYAK METANOL TERHADAP KONVERSI BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN MODIFIKASI PREPARASI KATALIS CaO KULIT TELUR

Abstrak

Biodiesel merupakan energi alternatif terbarukan yang ramah lingkungan. Biodiesel secara umum dihasilkan melalui reaksi dari minyak sayur atau lemak hewan dan metanol dengan adanya katalis untuk menghasilkan gliserol dan metil ester. Reaksi dalam pembuatan biodiesel merupakan reaksi transesterifikasi. Pada penelitian ini proses esterifikasi untuk reaksi antara minyak goreng bekas dan metanol dengan katalis H_2SO_4 3% (berat) dilakukan sebelum transesterifikasi. Didapatkan kadar asam lemak bebas <2% yaitu 0,9326%. Dalam penelitian ini katalis CaO dibuat dengan melakukan kalsinasi terhadap kulit telur yang telah dibersihkan dan dihaluskan pada temperatur 1000°C selama 120 menit untuk mendapatkan CaO aktif. Karakterisasi dengan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) menunjukkan hasil yang berbeda untuk perlakuan katalis kondisi terbuka dan tertutup. Katalis akan terkontaminasi dengan udara membentuk $\text{Ca}(\text{OH})_2$ apabila dibiarkan terbuka. Sedangkan katalis CaO aktif yang terbentuk pada kondisi tertutup kemudian dipakai dalam pembuatan biodiesel dengan bahan baku minyak goreng bekas dan metanol. Variabel yang dipelajari pada penelitian ini adalah rasio minyak : metanol dinyatakan 1:1, 1:3, 1:5, 1:7, dan 1:9 terhadap konversi minyak goreng bekas. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan konversi maksimum yang dapat dicapai sebesar 0,8862 pada kondisi reaksi berat katalis CaO 6% berat, waktu reaksi 180 menit dan suhu reaksi 80°C . Berdasarkan hasil analisis, biodiesel yang diperoleh memenuhi standar bahan bakar cair dan dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti petroleum diesel.

Kata Kunci: Biodiesel, kulit telur ayam, minyak goreng bekas, X-ray diffraction (XRD).

Abstracts

Biodiesel is an environmentally friendly renewable energy alternative. Biodiesel is generally produced by reaction of vegetable oil or animal fat and methanol in the presence of a catalyst to produce glycerol and methyl esters. The reaction in the manufacture of biodiesel is a transesterification reaction. In this study the esterification process for the reaction between used cooking oil and methanol with 3% (weight) H_2SO_4 catalyst was carried out before transesterification. Obtained free fatty acids <2% i.e. 0,9326%. In this study the CaO catalyst was prepared by calcining the shell of the egg that had been cleaned and crushed at 1000°C for 120 minutes to obtain the active CaO. Characterization using XRD (*X-Ray Diffraction*) showed different results for open and closed conditions catalyst treatment. The catalyst will be contaminated with air to form $\text{Ca}(\text{OH})_2$ when left open. While active CaO catalysts formed in closed conditions are then used in the manufacture of biodiesel with raw materials used waste cooking oil and methanol. The variables studied in this research were oil ratio: methanol expressed 1: 1, 1: 3, 1: 5, 1: 7, and 1: 9 to conversion of used waste cooking oil. Based on the result of the research, the maximum conversion that can be achieved is 0,8862 under heavy reaction condition of CaO 6% weight the catalyst, reaction time 180 minutes and reaction

temperature 800°C. Based on the results of the analysis, the biodiesel obtained meets liquid fuel standards and can be used as a substitute petroleum diesel fuel.

Keywords: Biodiesel, egg shell, waste cooking oil, X-ray diffraction.

1. PENDAHULUAN

Kekhawatiran krisis energi di masa mendatang akan semakin besar jika tidak ditemukan sumber-sumber energi yang baru (Nugraha dkk., 2013). Energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan salah satunya yaitu biodiesel. Biodiesel dapat menurunkan emisi polusi udara dari mesin diesel, juga memiliki potensi untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil (Setiowati dan Linggawati., 2014). The American Society for Testing dan Material (ASTM) mendefinisikan bahwa bahan bakar biodiesel sebagai ester monoalkil dari asam lemak rantai panjang yang berasal dari bahan baku lipid terbarukan, seperti minyak sayur atau lemak hewan (Idusuyi, Ajide, dan Abu., 2012).

Biodiesel dihasilkan melalui reaksi dari minyak sayur atau lemak hewan dengan metanol dengan adanya katalis untuk menghasilkan gliserin dan metil ester. Proses produksi biodiesel disebut transesterifikasi (Srinivasnaik, Sudhakar, dan Naik., 2015). Menurut Syamsuddin dan Husin (2010), menggunakan katalis asam dan basa cair dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Sedangkan menggunakan katalis homogen memiliki kelemahan katalis tidak dapat digunakan kembali dan adanya limbah dari proses pencucian residu katalis. Sehingga menggunakan katalis heterogen dapat mengatasi kelemahan yang dimiliki katalis homogen (Cuaca dkk., 2015). Katalis heterogen juga lebih mudah untuk memisahkan dari produk cair, dapat digunakan kembali dan dapat dirancang untuk memberikan aktivitas yang lebih tinggi, selektivitas dan hidup katalis lebih lama (Sanjay 2013). Beberapa katalis heterogen yang telah digunakan pada pembuatan metil ester adalah $\text{KNO}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$, MgO , SrO , CaO , dll. B. Petrus, Sembiring dan Sinaga (2015) Menggunakan limbah cangkang telur sebagai bahan baku untuk sintesis katalis bisa menghilangkan limbah dan sekaligus menghasilkan katalis heterogen (Muthu dan Viruthagiri., 2015).

Kendala dalam komersialisasi biodiesel saat ini disebabkan karena tingginya bahan baku minyak nabati seperti minyak sawit, minyak bunga matahari, minyak kedelai dan minyak rapeseed. Daur ulang limbah minyak goreng berbahaya bagi kesehatan, akan tetapi membuang limbah minyak goreng juga tidak ramah lingkungan (Abdullah, Hasan and Yusoff., 2013). Sehingga, Sintesis biodiesel menggunakan limbah minyak goreng merupakan cara efektif untuk mengurangi biaya produksi biodiesel (Gashaw and Teshita., 2014). Pemakaian bahan baku asam lemak merupakan alternatif untuk meningkatkan efisiensi produksi biodiesel karena tingginya bahan baku minyak nabati seperti minyak sawit, minyak bunga matahari, minyak kedelai dan minyak rapeseed (Kusmiyati., 2008). Jadi, biodiesel yang dihasilkan dari limbah minyak goreng tidak hanya secara

ekonomi menguntungkan tetapi juga bermanfaat bagi lingkungan karena merupakan cara alternatif untuk membuang produk ini (Pathak M, dkk., 2015). Agar mendapatkan biodiesel yang berkualitas tinggi, perlu dilakukan suatu *pretreatment* sebelum dilakukan tahap transesterifikasi. Oleh sebab itu adanya mikrofiltrasi sangat penting untuk mengurangi atau menghilangkan padatan tersuspensi dan senyawa organik seperti protein, karbohidrat dan asam lemak bebas (Setiawati and Edwar., 2012).

Dalam penelitian ini dicoba memproduksi biodiesel dari hasil filtrasi limbah minyak goreng menggunakan katalis padat CaO yang terkandung dalam kulit telur dengan proses kalsinasi. Dari literatur diketahui bahwa kandungan CaCO_3 di dalam kulit telur sekitar 94% berat dan sisanya adalah magnesium karbonat, kalsium fosfat dan bahan organik (Sulistyawati., 2011). Dari penelitian yang telah dipelajari sebelumnya oleh (Cuaca dkk., 2015) yang menggunakan katalis CaO dari kulit telur ayam diperoleh *yield* maksimum biodiesel dari lemak sapi adalah 82,43% yang didapat dengan menggunakan perbandingan mol metanol : lemak sapi adalah 9:1 pada suhu 55°C dengan waktu reaksi 1,5 jam dan katalis CaO 3 (b/b)%.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan proses pembuatan biodiesel dengan menggunakan katalis basa heterogen berbahan dasar kulit telur dengan minyak goreng bekas. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh variabel reaksi dari rasio molar minyak metanol terhadap konversi. Sedangkan variabel proses yang dipelajari yaitu modifikasi preparasi katalis antara lain preparasi pada kondisi katalis dibiarkan terbuka dan kondisi katalis tertutup.

2. METODE

Dalam penelitian ini menggunakan bahan utama yakni minyak goreng bekas (jelantah) dan kulit telur ayam. Bahan kulit telur ayam dan minyak goreng bekas yang digunakan dalam penelitian bersumber dari rumah makan padang, pedagang gorengan dan warung-warung di sekitar kampus Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sedangkan bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah metanol dengan kemurnian 99% (Merck) NaOH, Fenolftalein, filter papper dan asam sulfat dengan kemurnian 98% (Merck). Peralatan yang digunakan antara lain; penyangga, pendingin balik, kompor listrik, labu leher tiga, klem, statif, magnetic stirer, corong pisah, motor pengaduk, beker gelas 250 ml, Erlenmeyer 250 ml, timbangan elektrik, pipet 25 ml, termostat, labu takar, corong, buret, oven.

Katalis yang akan digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah katalis CaO dari bahan dasar kulit telur. Mula-mula, kulit telur dicuci dengan air untuk menghilangkan pengotor-pengotor seperti debu yang menempel. Setelah dicuci, kulit telur dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam. Kemudian dihancurkan dan diayak dengan ukuran 24 *mesh*. Kulit telur yang telah dihancurkan ini kemudian dikalsinasi dalam sebuah *furnace* pada suhu 1000°C selama 120 menit.

Setelah proses kalsinasi selesai, katalis yang dihasilkan disimpan di dalam eksikator untuk menjaga kondisi katalis tetap kering. Analisis yang dapat dilakukan untuk mengetahui karakterisasi sifat fisis dan kimia katalis kulit telur yang dihasilkan dalam percobaan ini adalah X-Ray Diffraction (XRD) bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia katalis kulit telur yang dihasilkan.

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan mencampurkan metanol dan katalis kulit telur ke dalam sebuah labu erlenmeyer 250 mL. Ke dalam campuran tersebut kemudian ditambahkan minyak goreng bekas dan diaduk dengan kecepatan pengadukan 600 rpm. Sebelum minyak goreng bekas direaksikan dengan metanol terlebih dahulu dipanaskan pada temperatur 100°C selama 30 menit. Reaksi pembuatan biodiesel dilangsungkan pada temperatur 80°C dan waktu reaksi selama 180 menit. Campuran hasil reaksi ini kemudian dipisahkan dari katalis menggunakan kertas saring dan corong Buchner. Campuran yang telah bebas dari katalis kemudian didekantasi untuk memisahkan produk biodiesel yang dihasilkan. Dekantasi dilakukan dengan menggunakan corong pemisah.

Variabel perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rasio molar metanol terhadap minyak goreng. Rasio molar metanol terhadap minyak goreng bekas akan divariasikan pada 1:1, 1:3, 1:5, 1:7 dan 1:9. Jumlah katalis kulit telur yang digunakan 6% berat katalis kulit telur terhadap minyak goreng. Sementara itu, waktu reaksi dilakukan selama 180 menit pada suhu 80°C. Kondisi operasi pembuatan biodiesel di atas kemudian akan dioptimasi untuk mendapat rasio molar metanol terhadap minyak goreng dan jumlah katalis yang digunakan untuk memberikan konversi minyak goreng serta perolehan biodisel yang optimum.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

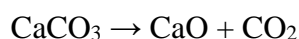
Reaksi esterifikasi dari minyak goreng bekas dengan metanol dan penambahan katalis asam sulfat dengan metode refluks didapatkan kadar FFA <2% yaitu 0,9326%. Persentase perolehan asam lemak bebas tersebut telah sesuai sebagai syarat bahan baku reaksi transesterifikasi untuk produksi biodisel. Berikut ini merupakan hasil uji sifat fisika dan kimia dari minyak goreng bekas setelah dilakukan proses *pre-treatment* dengan mikrofiltasi dan pemanasan minyak.

Tabel 3.1 Sifat fisis dan kimia minyak goreng bekas

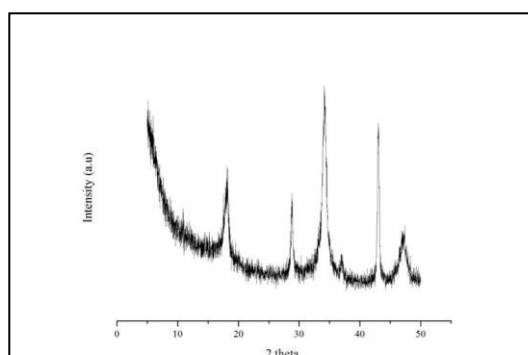
Sifat Fisika dan Kimia	Sifat fisis dan kimia
Densitas (g/mL pada @15°C	0,9205
Kandungan air (%) berat	0,01
Warna	Cokelat kekuningan
Bau	Tengik
Berat jenis (g/mol)	108,210
Asam lemak bebas (ALB)	0,9326

3.1 Pembuatan katalis CaO kulit telur

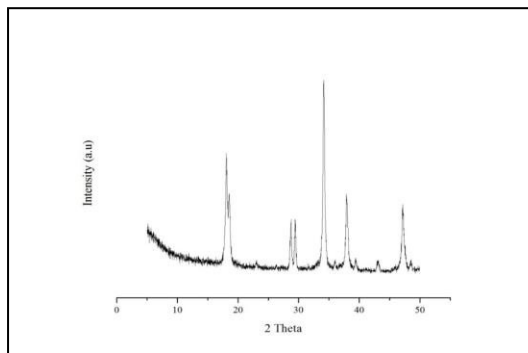
Pembuatan preparasi katalis CaO dilakukan dengan cara kalsinasi kulit telur. Tujuan kalsinasi kulit telur adalah untuk menghilangkan senyawa karbon dioksida melalui reaksi dekomposisi kalsium karbonat yang terkandung dalam kulit telur sehingga diperoleh senyawa kalsium oksida. Pada percobaan, kalsinasi kulit telur dilakukan selama 120 menit pada temperatur 1000°C. Reaksi yang terjadi pada proses kalsinasi adalah:



Uji XRD dilakukan untuk mengetahui senyawa apa saja yang terkandung dalam katalis. Gambar 3.1 dan 3.2 menunjukkan hasil uji XRD terhadap katalis yang disimpan di tempat terbuka dan tempat tertutup.



Gambar 3.1 Uji XRD terhadap katalis CaO yang disimpan di tempat terbuka



Gambar 3.2 Uji XRD terhadap katalis CaO yang disimpan di tempat tertutup

3.2 Karakterisasi XRD

Dari Gambar 3.1 terlihat bahwa komponen utama yang terdapat pada katalis yang disimpan di tempat terbuka adalah Ca(OH)_2 . CaO dapat bereaksi dengan uap air di udara membentuk Ca(OH)_2 dan dari Gambar 3.2 terlihat bahwa komponen utama yang terdapat pada katalis yang disimpan di tempat tertutup adalah CaO sementara. Oleh karena itu, penyimpanan katalis CaO hasil kalsinasi harus di tempat yang tertutup rapat atau disimpan di dalam eksikator. Jika tidak dimungkinkan untuk menyimpan katalis dalam tempat kedap udara, maka sebelum digunakan katalis dapat diaktifkan kembali dengan cara pemanasan pada temperatur 500°C .

3.3 Variasi Pembuatan Biodiesel

Variasi yang dilakukan dalam percobaan pembuatan biodiesel adalah rasio molar minyak : metanol. Temperatur reaksi pada percobaan ini dipertahankan pada 80°C . Reaksi transesterifikasi berlangsung dalam erlenmeyer yang dilengkapi dengan kondensor di atasnya untuk mencegah metanol menguap. Pengadukkan dilakukan dengan menggunakan magnetic stirrer di atas hot plate.

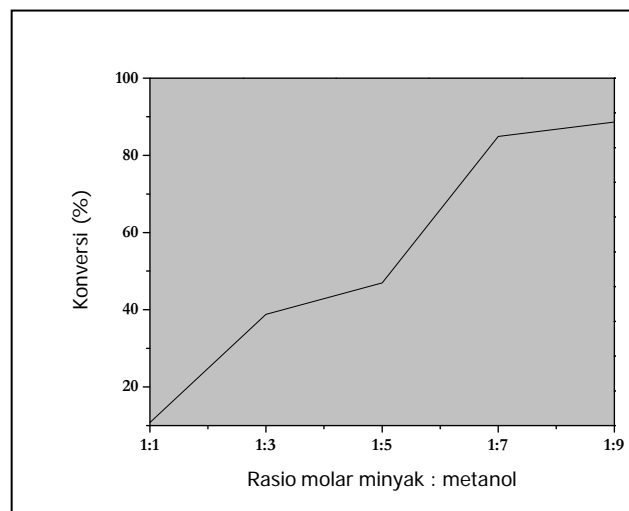
Pada percobaan pendahuluan pembuatan biodiesel digunakan rasio molar metanol terhadap minyak goreng sebesar 1:1, 1:3, 1:5, 1:7, dan 1:9 jumlah katalis 6% berat terhadap minyak goreng umpan, dan waktu reaksi 180 menit. Setelah reaksi, campuran reaksi didiamkan untuk memisahkan fasa atas yang kaya akan biodiesel dengan fasa bawah yang kaya akan gliserol. Lapisan atas yang terbentuk cukup banyak dengan jumlah volume hampir sama dengan volume minyak goreng awal yang digunakan. Hal ini mengindikasikan bahwa perolehan produk biodiesel cukup tinggi dan kinerja katalis CaO yang dihasilkan sangat baik. Katalis CaO kemudian dipisahkan dari campuran reaksi dengan cara sentrifugasi. Untuk memisahkan produk campuran reaksi fasa atas yang kaya akan biodiesel dari produk fasa bawah yang kaya akan gliserol dilakukan dekantasi menggunakan corong pisah.

3.4 Pengaruh rasio molar metanol minyak terhadap konversi

Dengan menggunakan katalis CaO kulit telur ayam yang dihasilkan, dilakukan percobaan pembuatan biodiesel dengan memvariasikan rasio molar metanol terhadap minyak goreng. Biodiesel yang dihasilkan kemudian diukur densitas serta perolehan rendemennya. Rancangan percobaan yang digunakan pada pembuatan biodiesel adalah rancangan percobaan 2^3 faktorial dengan replikasi pada titik tengah (*centre point*).

Tabel 3.2 Komposisi metil ester minyak goreng bekas

Variasi	Rasio mol metanol : minyak				
	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9
Volume (mL)	2,3	3,4	4,8	6,0	6,2
Berat (g)	1,8928	2,1316	4,1214	4,3601	4,8350
Densitas (g/mL)	0,8229	0,6269	0,858	0,7266	0,7798



Gambar 3.3 Pengaruh variasi rasio molar minyak metanol terhadap konversi

Dari Gambar 3.3 terlihat bahwa dari pengaruh rasio molar minyak metanol terhadap konversi antara 1:1, 1:3, 1:5, 1:7, dan 1:9 yang optimum diperoleh 1:9 dengan konversi yang diperoleh sebesar 88,62 %. Metanol bertindak sebagai emulsifier dalam campuran reaksi. Metanol yang terlalu

berlebih akan menyebabkan gliserol terlarut dalam metanol dan menghambat reaksi transesterifikasi. Lebih lanjut, penggunaan metanol terlalu berlebih juga tidak ekonomis karena akan memerlukan biaya yang lebih tinggi untuk memisahkan metanol dari campuran reaksi untuk digunakan kembali.

4. PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa katalis CaO dapat dibuat dengan melakukan kalsinasi kulit telur pada temperatur 1000°C selama 120 menit dan diusahakan supaya ditempat tertutup agar tidak terkontaminasi dengan udara membentuk Ca(OH)₂. Katalis CaO hasil kalsinasi kulit telur mempunyai bentuk yang tidak beraturan dan teragregasi. Variabel yang berpengaruh terhadap perolehan rendemen biodiesel pada percobaan ini adalah rasio molar minyak terhadap metanol dengan perolehan konversi optimum sebesar 88,62%. Kondisi optimum pembuatan biodiesel terjadi pada rasio molar metanol terhadap minyak goreng 1:9, jumlah katalis 6% berat terhadap minyak goreng, dan waktu reaksi selama 180 menit. Selain itu biodiesel dari minyak goreng bekas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti petroleum diesel.

PERSANTUNAN

Terima kasih kepada Ibu Kusmiyati ph.D. Selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini yang dengan sabar dan tanggungjawab dalam membimbing kami.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Hazwani, N., Hasan, S.H., and Yusoff, N.R.M., 2013. "Biodiesel Production Based on Waste Cooking Oil (WCO)." *International Journal of Materials Science and Engineering* 1 (2): 94–99. doi:10.12720/ijmse.1.2.94-99.
- Petrus, B., Sembiring, A.P., Sinaga, M.S., 2015. "Pemanfaatan Abu Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) sebagai Katalis dalam Pembuatan Metil Ester dari Minyak Jelantah." *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1–7.
- Cuaca, V., Wendi., dan Taslim., 2015. "Pengaruh Suhu Reaksi dan Jumlah Katalis Pada Pembuatan Biodiesel Dari Limbah Lemak Sapi Dengan Menggunakan Katalis Heterogen CaO Dari Kulit Telur Ayam." *Jurnal Teknik Kimia USU* 4 (1): 35–41.
- Gashaw, Alemayehu, and Abile Teshita., 2014. "Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil and Factors Affecting Its Formation : A Review." *International Journal of Renewable and Sustainable Energy* 3 (5): 92–98. doi:10.11648/j.ijrse.20140305.12.

- Idusuyi, N., Ajide, O.O., and Abu, R., 2012. "Biodiesel as an Alternative Energy Resource in Southwest Nigeria." *International Journal of Science and Technology* 2 (5): 323–27.
- Kusmiyati., 2008. "Reaksi Katalitis Esterifikasi Asam Oleat Dan Metanol Menjadi Biodiesel Dengan Metode Distilasi Reaktif." *Reaktor* 12 (2): 78–82.
- Muthu, K., and T Viruthagiri., 2015. "Application of Solid Base Calcium Oxide as a Heterogeneous Catalyst for the Production of Biodiesel." *International Journal of ChemTech Research* 8 (4): 2002–8.
- Nugraha, Fajri, M., Wahyudi, A., and Gunardi, I., 2013. "Pembuatan Fuel Dari Liquid Hasil Pirolisis Plastik Polipropilen Melalui Proses Reforming." *JURNAL TEKNIK POMITS* 2 (2): 299–302.
- Pathak, Murchana, Kalita, N., Baruah, D., and Bhowmik, R., 2015. "Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil." *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)* 5 (5): 60–64.
- Sanjay, Basumatary., 2013. "Heterogeneous Catalyst Derived from Natural Resources for Biodiesel Production : A Review." *Research Journal of Chemical Sciences* 3 (6): 95–101.
- Setiawati., Evy., and Edwar, F., 2012. "Teknologi Pengolahan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Teknik Mikrofiltrasi Dan Transesterifikasi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel." *Jurnal Riset Industri* VI (2): 117–27.
- Setiowati., Rini., and Linggawati, A., 2014. "Produksi Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Menggunakan Katalis CaO Cangkang Kerang Darah Kalsinasi 900 °C." *JOM FMIPA* 1 (2): 383–88.
- Srinivasnaik, M., Sudhakar, T.V.V., and Naik, B.B., 2015. "Bio Diesel as an Alternative Green Fuel to Internal Combustion Diesel Engine." *Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science* 5 (2): 63–66. doi:10.9756/BIJEMS.8062.
- Sulistyawati., dan Endang., 2011. "Pemanfaatan Kulit Telur Sebagai Katalis Biodiesel Dari Minyak Sawit Dan Metanol." *SEMINAR REKAYASA KIMIA DAN PROSES*, 1–6.
- Syamsuddin., Yanna., and Husin, H., 2010. "Pembuatan Katalis Padat ZrO_2 / Al_2O_3 Untuk Produksi Biodiesel Dari Minyak Jarak." *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan* 7 (3): 112–17.